



①9 BUNDESREPUBLIK  
DEUTSCHLAND



DEUTSCHES  
PATENT- UND  
MARKENAMT

⑫ **Patentschrift**  
⑩ **DE 198 10 467 C 1**

⑤1 Int. Cl.<sup>6</sup>:  
**B 60 L 11/18**  
H 02 M 3/00  
B 60 L 11/16  
H 02 P 7/05

②1 Aktenzeichen: 198 10 467.7-32  
②2 Anmeldetag: 11. 3. 98  
④3 Offenlegungstag: -  
④5 Veröffentlichungstag  
der Patenterteilung: 14. 10. 99

DE 198 10 467 C 1

Innerhalb von 3 Monaten nach Veröffentlichung der Erteilung kann Einspruch erhoben werden

⑦3 Patentinhaber:  
DaimlerChrysler AG, 70567 Stuttgart, DE

⑦2 Erfinder:  
Spaniel, Dirk, Dipl.-Ing., 70192 Stuttgart, DE;  
Bitsche, Otmar, Dipl.-Ing., 70329 Stuttgart, DE

⑤6 Für die Beurteilung der Patentfähigkeit in Betracht  
gezogene Druckschriften:

DE 1 97 37 406 A1  
US 53 34 463

⑤4 Hybrid-Antriebskonzept für Brennstoffzellen-Fahrzeuge

⑤7 Die Erfindung betrifft ein Hybridantrieb für ein Elektro-  
Fahrzeug mit einer Brennstoffzelle, einem Energiespei-  
cher, einem Elektro-Fahrmotor und elektrischen Neben-  
verbrauchern.

Erfindungsgemäß wird vorgeschlagen, zwei separate, mit  
Schaltvorrichtungen versehene Stromkreise zur wahlwei-  
sen Verbindung des Elektrofahrmotors und der elektri-  
schen Nebenverbraucher mit der Brennstoffzelle oder  
dem Energiespeicher und eine schaltbare Verbindungs-  
leitung zwischen der Brennstoffzelle und dem Energie-  
speicher vorzusehen.

DE 198 10 467 C 1

## Beschreibung

Die Erfindung betrifft einen Hybridantrieb für ein Elektro-Fahrzeug mit einer Brennstoffzelle und einem Energiespeicher gemäß dem Oberbegriff des Patentanspruchs 1.

Aus der US 5,334,463 A1 ist ein gattungsgemäßer Hybridantrieb, bestehend aus einer Brennstoffzelle, einer Batterie, einem Elektro-Fahrmotor und elektrischen Nebenverbrauchern bekannt, wobei die Brennstoffzelle und die Batterie über einen gemeinsamen Stromkreis parallel mit dem Elektro-Fahrmotor und den elektrischen Nebenverbrauchern verbunden sind. Bei einer ausreichenden Spannungslage kann die Batterie durch die Brennstoffzelle aufgeladen werden.

Nachteilig bei diesem System sind die unerwünschten Verluste durch die Anordnung eines DC/DC-Wandlers zwischen Brennstoffzelle und Elektro-Fahrmotor.

Es ist die Aufgabe der Erfindung, einen Hybridantrieb für Elektro-Fahrzeuge mit verbesserten Fahrleistungen zu schaffen.

Die Aufgabe wird durch die kennzeichnenden Merkmale des Patentanspruchs 1 gelöst.

Der erfindungsgemäße Hybridantrieb weist den Vorteil auf, daß er eine variable Ansteuerung erlaubt, wodurch insbesondere die maximale Fahrleistung verbessert wird. Beim ersten Ausführungsbeispiel können die Nebenverbraucher bei Vollast durch den Energiespeicher versorgt werden. Dadurch steht immerhin die maximale Brennstoffzellenleistung für den Fahrzeugantrieb zur Verfügung. Darüber hinaus kann bei allen anderen Ausführungsbeispielen der Elektro-Fahrmotor trotz des Verzichts auf einen DC/DC-Wandler zwischen Brennstoffzelle und Elektro-Fahrmotor bei Vollast durch die Brennstoffzelle und den Energiespeicher angetrieben werden, so daß sich die maximale Fahrleistung als Summe von Brennstoffzellen- und Energiespeicherleistung ergibt.

Weiterhin können im Bremsbetrieb die elektrischen Nebenverbraucher durch die Brennstoffzelle versorgt werden, so daß ein Laden des Energiespeichers auch bei geringen Bremsleistungen, also auch unterhalb des Leistungsbedarfs der elektrischen Nebenverbraucher, möglich ist.

Durch die Verwendung eines DC/DC-Wandlers in der Verbindungsleitung zwischen den beiden Stromkreisen ist auch bei Fahrzeugstillstand ein Laden des Energiespeichers unabhängig von der Spannungslage beziehungsweise dem Lastzustand der Brennstoffzelle möglich. Außerdem ist auch während der Fahrt das Laden und Entladen des Energiespeichers unabhängig von der Spannungslage beziehungsweise dem Lastzustand der Brennstoffzelle möglich. Dennoch entstehen unerwünschte Verluste durch den DC/DC-Wandler lediglich beim Laden des Energiespeichers beziehungsweise beim Betrieb des Elektro-Fahrmotors durch den Energiespeicher. Da die Brennstoffzelle ohne Zwischenschaltung eines DC/DC-Wandlers mit dem Elektro-Fahrmotor verbunden ist, entstehen beim Betrieb des Elektro-Fahrmotors durch die Brennstoffzelle keine solchen Verluste.

Weitere Vorteile und Ausgestaltungen der Erfindung gehen aus den Unteransprüchen und der Beschreibung hervor. Die Erfindung ist nachstehend anhand einer Zeichnung näher beschrieben, wobei

Fig. 1 eine Prinzipdarstellung eines Hybridantriebs mit zwei Stromkreisen,

Fig. 2 den Hybridantrieb aus Fig. 1 mit einem DC/DC-Wandler zwischen Brennstoffzelle und Energiespeicher,

Fig. 3 den Hybridantrieb aus Fig. 1 mit einem zweiten Elektrofahrmotor, und

Fig. 4 eine Prinzipdarstellung eines weiteren Hybridantriebs mit einem DC/DC-Wandler zeigt.

Der in Fig. 1 dargestellte Hybridantrieb enthält eine Brennstoffzelle 1, einen Energiespeicher 2, einen Elektro-Fahrmotor 3 und insgesamt mit 4 bezeichnete elektrische Nebenverbraucher. Bei der Brennstoffzelle 1 handelt es sich um eine beliebige Vorrichtung zur Erzeugung von elektrischer Energie durch chemische Umwandlung eines beliebigen Kraftstoffes. Solche Brennstoffzellen für Fahrzeuganwendungen, beispielsweise Brennstoffzellen mit Proton-Exchange-Membran, sind dem Fachmann bekannt und werden daher im folgenden nicht näher erläutert.

Bei dem Energiespeicher 2 handelt es sich vorzugsweise um eine Batterie zur Speicherung elektrischer Energie. Es können jedoch auch andere Energiespeicher, beispielsweise Kondensatoren oder Schwungradspeicher, zum Einsatz kommen. Als Elektro-Fahrmotor 3 können beliebige Elektromotoren, beispielsweise Asynchron- oder Reluktanzmotoren, eingesetzt werden. Der Elektro-Fahrmotor 3 sollte vorzugsweise auch als Generator betrieben werden können. Der Begriff elektrische Nebenverbraucher 4 umfaßt alle elektrischen Verbraucher einschließlich Bordnetz, die nicht direkt zum Fahrzeugantrieb dienen.

Zur Versorgung der elektrischen Verbraucher 3, 4 sind zwei separate Stromkreise 5a, 5b vorgesehen. Der erste Stromkreis 5a enthält eine mit einer Schaltvorrichtung S6 versehene Leitung 7 zwischen der Brennstoffzelle 1 und dem Elektro-Fahrmotor 3, sowie eine Leitung 8, die zwischen der Brennstoffzelle 1 und der Schaltvorrichtung S6 von der Leitung 7 abzweigt. Der zweite Stromkreis 5b enthält eine weitere, mit einer Schaltvorrichtung S9 versehene und mit dem Energiespeicher 2 verbundene Leitung 10. Die Leitungen 8, 10 können wahlweise über eine Umschaltvorrichtung S11 mit den elektrischen Nebenverbrauchern 4 verbunden werden. Zusätzlich ist im zweiten Stromkreis 5b eine mit einer weiteren Schaltvorrichtung S12 versehene Leitung 13 vorgesehen, die zwischen der Schaltvorrichtung S9 und der Umschaltvorrichtung S11 von der Leitung 10 abzweigt und den zweiten Stromkreis 5b mit dem ersten Stromkreis 5a zwischen der Schaltvorrichtung S6 und dem Elektro-Fahrmotor 3 verbindet.

Zur Steuerung der Schaltvorrichtungen S6, S9, S11, S12 ist außerdem ein Steuergerät 14 vorgesehen, das als Eingangsdaten eine Vielzahl von Informationen über den Betriebszustand des Fahrzeugs erhält. Hierbei handelt es sich beispielsweise um Informationen über die Spannungslage oder den Lastzustand der Brennstoffzelle 1, die Drehzahl des Elektro-Fahrmotors 3, den Energiebedarf der elektrischen Nebenverbraucher 4, die Spannungslage oder den Ladezustand des Energiespeichers 2, ein Signal zur Erkennung eines Bremsvorgangs oder die Brennstoffzellen- beziehungsweise Energiespeichertemperatur. Aus diesen und gegebenenfalls weiteren Informationen ermittelt das Steuergerät 14 den Betriebszustand des Fahrzeugs. Eine Auswahl möglicher Betriebszustände (BZ = Brennstoffzelle 1, NV = Nebenverbraucher 4, Speicher = Energiespeicher 2) mit zugehörigen Schalterstellungen für den Hybridantrieb gemäß Fig. 1 ist in Tabelle 1 dargestellt.

Im Fahrbetrieb können drei Zustände unterschieden werden, wobei bei kleiner und mittlerer Last sowohl der Elektro-Fahrmotor 3 als auch die elektrischen Nebenverbraucher 4 über den ersten Stromkreis 5a mit der Brennstoffzelle 1 ver-

bunden sind. In diesem Fall (siehe Zustand ①) ist die Schaltvorrichtung S6 geschlossen, über die Umschaltvorrichtung S11 und die Leitung 8 sind die elektrischen Nebenverbraucher 4 mit der Brennstoffzelle 1 verbunden. Die Schaltvorrichtung S12 ist geöffnet, so daß Elektro-Fahrmotor 3, Brennstoffzelle 1 und elektrische Nebenverbraucher 4 vom Energiespeicher 2 getrennt sind. Die Stellung der Schaltvorrichtung S9 ist beliebig. Die Schaltvorrichtung S9 kann zusätzlich als Trennschalter verwendet werden, um den Energiespeicher 2 in kritischen Betriebszuständen vom Stromnetz zu trennen.

Tabelle 1: Mögliche Zustände des Hybridantriebs gemäß Fig. 1

| Zustand/Schalterstellung                  | S6 | S9  | S11 | S12 |
|---|----|-----|-----|-----|
| ① Fahren mit BZ, NV an BZ                 | 1  | 0/1 | 0   | 0   |
| ② Fahren mit BZ, NV an Speicher           | 1  | 1   | 1   | 0   |
| ③ Fahren mit Speicher, NV an Speicher     | 0  | 1   | 1   | 1   |
| ④ Bremsen, NV an BZ                       | 0  | 0/1 | 0   | 0   |
| ⑤ Bremsen, NV an BZ, Speicher laden       | 0  | 1   | 0   | 1   |
| ⑥ Bremsen, NV an Speicher, Speicher laden | 0  | 1   | 1   | 1   |
| ⑦ Bremsen, NV an Generator                | 0  | 0   | 1   | 1   |
| ⑧ Stillstand, NV an BZ                    | 0  | 0/1 | 0   | 0   |
| ⑨ Stillstand, NV an Speicher              | 0  | 1   | 1   | 0   |

Bei Vollast (siehe Zustand ②) ist die Schaltvorrichtung S6 ebenfalls geschlossen, so daß die Brennstoffzelle 1 über die Leitung 7 mit dem Elektrofahrmotor 3 verbunden ist. Im Gegensatz zum ersten Fall sind die elektrischen Nebenverbraucher 4 aber nicht über die Leitung 8 mit der Brennstoffzelle 1, sondern über die Umschaltvorrichtung S11, die Leitung 10 und die geschlossene Schaltvorrichtung S9 mit dem Energiespeicher 2 verbunden. Die Schaltvorrichtung S12 ist geöffnet, so daß die Stromkreise 5a, 5b voneinander getrennt sind. Dieser Zustand weist den Vorteil auf, daß die Brennstoffzelle 1 nicht durch die elektrischen Nebenverbraucher 4 belastet ist. Vielmehr steht die gesamte Brennstoffzellenleistung für den Elektro-Fahrmotor 3 zur Verfügung. Die Versorgung der elektrischen Nebenverbraucher 4 übernimmt der Energiespeicher 2. Somit wird bei dieser Anordnung die maximale Fahrleistung bei gegebener Brennstoffzellenleistung um die nicht benötigte Leistung der elektrischen Nebenverbraucher 4 erhöht.

Ein weiterer möglicher Fahrzustand, beispielsweise beim Fahrzeugstart oder bei sehr kleiner Last, beschreibt Zustand ③. In diesem Fall werden sowohl der Elektro-Fahrmotor 3 als auch die elektrischen Nebenverbraucher 4 vom Energiespeicher 2 mit Spannung versorgt. Im Gegensatz zum Zustand ② ist hier lediglich die Schaltvorrichtung S6 geöffnet und die Schaltvorrichtung S12 geschlossen. Dieser Zustand ist vorteilhaft, solange die Brennstoffzelle 1 noch nicht betriebsbereit oder auch zur Wirkungsgradverbesserung ausgeschaltet ist.

Im Bremsbetrieb können vier Betriebszustände unterschieden werden. Um im Bremsbetrieb Energie zurückzugewinnen zu können, muß der Elektro-Fahrmotor 3 auch als Generator betrieben werden können. Im folgenden wird jedoch auch eine Elektro-Fahrmotor/-Generatoreinheit immer nur als Elektro-Fahrmotor 3 bezeichnet. Im Zustand ④ sind die elektrischen Nebenverbraucher 4 über die Umschaltvorrichtung S11 mit der Brennstoffzelle 1 verbunden. Die Schaltvorrichtungen S6 und S12 sind geöffnet, die Stellung der Schaltvorrichtung S9 ist beliebig. In diesem Zustand ④ wird die Bremsenergie nicht verwertet. Um bereits bei geringen Bremsleistungen, das heißt unterhalb des Leistungsbedarfs der elektrischen Nebenverbraucher 4, den Energiespeicher 2 zu laden, kann in den Zustand ⑤ übergegangen werden. Hierzu werden die Schaltvorrichtungen S9 und S12 geschlossen, so daß die elektrischen Nebenverbraucher 4 zwar weiterhin mit der Brennstoffzelle 1, der Elektro-Fahrmotor 3 aber zusätzlich über den zweiten Stromkreis 5b mit dem Energiespeicher 2 verbunden ist.

Im Zustand ⑥, vorzugsweise bei einem starken Bremsvorgang, kann der Energiespeicher 2 bei geschlossenen Schaltvorrichtungen S9 und S12 über den zweiten Stromkreis 5b durch den Elektro-Fahrmotor 3 aufgeladen werden. Gleichzeitig sind die elektrischen Nebenverbraucher 4 über die Umschaltvorrichtung S11 mit dem Elektro-Fahrmotor 3 beziehungsweise dem Energiespeicher 2 verbunden. Die Schaltvorrichtung S6 ist geöffnet, so daß die Brennstoffzelle 1 vollständig vom zweiten Stromkreis 5b abgekoppelt ist. Im Zustand ⑦ sind schließlich die Schaltvorrichtungen S6 und S9 geöffnet, so daß sowohl die Brennstoffzelle 1 als auch der Energiespeicher 2 vom Stromnetz abgekoppelt sind. Die elektrischen Nebenverbraucher 4 werden über die Umschaltvorrichtung S11 und die Schaltvorrichtung S12 direkt mit dem Elektro-Fahrmotor 3 verbunden.

Im Stillstand können die elektrischen Nebenverbraucher 4 schließlich mit der Brennstoffzelle 1 (Zustand ⑧) oder mit dem Energiespeicher 2 (Zustand ⑨) verbunden werden. Im Zustand ⑧ ist die Brennstoffzelle 1 über die Umschaltvorrichtung S11 und die Leitung 8 mit den elektrischen Nebenverbrauchern 4 verbunden. Die Schaltvorrichtungen S6 und S12 sind geöffnet, die Stellung der Schaltvorrichtung S9 ist beliebig. Soll die Brennstoffzelle 1 im Stillstand des Fahrzeugs abgeschaltet werden, so werden die elektrischen Nebenverbraucher 4 über die Umschaltvorrichtung S11, die Leitung 10 und der Schaltvorrichtung S9 mit dem Energiespeicher 2 verbunden (Zustand ⑨). Da die Brennstoffzelle 1 und der Elektro-Fahrmotor 3 außer Betrieb sind, sind die Schaltvorrichtungen S6 und S12 vorzugsweise geöffnet.

Wie der vorstehenden Beschreibung zu entnehmen ist können durch die Anordnung mit zwei separaten Stromkreisen 5a, 5b variable Schaltzustände verwirklicht werden, wobei bei geeigneter Schalterstellung gleichzeitig zwei unabhängige

Stromkreise 5a, 5b mit unterschiedlichen Spannungsniveaus betrieben werden können. Hierbei kann die Brennstoffzelle 1 jeweils mit Elektro-Fahrmotor 3 und/oder den elektrischen Nebenverbräuchern 4 verbunden werden. Dasselbe gilt für den Energiespeicher 2. Zusätzlich können auch noch die Brennstoffzelle 1 und der Energiespeicher 2, beispielsweise für einen Ladevorgang, miteinander verbunden werden.

- 5 Eine Abwandlung des Hybridantriebs aus Fig. 1 zeigt Fig. 2, wobei gleiche Teile mit gleichen Bezugszeichen gekennzeichnet sind. Gegenüber Fig. 1 ist in der Leitung 13 zusätzlich ein DC/DC-Wandler 15 vorgesehen. Die Verwendung eines solchen DC/DC-Wandlers 15 weist den Vorteil auf, daß ein Laden beziehungsweise Entladen des Energiespeichers 2 (Zustand ②a oder ③a, siehe unten) unabhängig von der Spannungslage und des Lastzustandes der Brennstoffzelle 1 möglich ist, da die Spannungslagen der beiden Stromkreise 5a, 5b durch den DC/DC-Wandler 15 aufeinander abge-  
 10 stimmt werden können. So ist es auch möglich, im Stillstand den Energiespeicher 2 über die Brennstoffzelle 1 aufzuladen (Zustand ⑧a, siehe unten).

Tabelle 2: Mögliche Zustände des Hybridantriebs gemäß Fig. 2

| Zustand/Schalterstellung                  | S6 | S9  | S11 | S12 |
|---|----|-----|-----|-----|
| ① Fahren mit BZ, NV an BZ                 | 1  | 0/1 | 0   | 0   |
| ② Fahren mit BZ, NV an Speicher           | 1  | 1   | 1   | 0   |
| 20 ②a Fahren mit BZ, Speicher laden       | 1  | 1   | 0/1 | 1   |
| ③ Fahren mit Speicher, NV an Speicher     | 0  | 1   | 1   | 1   |
| ③a Fahren mit BZ und Speicher             | 1  | 1   | 0/1 | 1   |
| 25 ④ Bremsen, NV an BZ                    | 0  | 0/1 | 0   | 0   |
| ⑤ Bremsen, NV an BZ, Speicher laden       | 0  | 1   | 0   | 1   |
| ⑥ Bremsen, NV an Speicher, Speicher laden | 0  | 1   | 1   | 1   |
| 30 ⑦ Bremsen, NV an Generator             | 0  | 0   | 1   | 1   |
| ⑧ Stillstand, NV an BZ                    | 0  | 0/1 | 0   | 0   |
| ⑧a Stillstand, NV an BZ, Speicher laden   | 1  | 1   | 0   | 1   |
| 35 ⑨ Stillstand, NV an Speicher           | 0  | 1   | 1   | 0   |

Die Verwendung eines DC/DC-Wandlers 15 bedeutet natürlich einen Wirkungsgradverlust. Da der DC/DC-Wandler  
 40 15 aber zwischen Brennstoffzelle 1 und Energiespeicher 2, nicht aber zwischen Brennstoffzelle 1 und Elektro-Fahrmotor 3 angeordnet ist, treten diese Wandlerverluste nur beim Laden des Energiespeichers 2 auf, nicht aber beim Fahren mit der Brennstoffzelle 1. Der große Vorteil dieser Anordnung liegt aber darin, daß bei jedem Lastzustand die Einzellast von Brennstoffzelle 1 und vom Energiespeicher 2 unabhängig voneinander innerhalb der physikalischen Grenzen regeln läßt. Außerdem berechnet sich bei Vollast die maximale Fahrleistung aus der Summe der Leistungen von Brennstoffzelle 1  
 45 und Energiespeicher 2. In diesem Zustand ③a sind die Schaltvorrichtungen S6, S9 und S12 geschlossen, so daß sowohl die Brennstoffzelle 1 als auch der Energiespeicher 2 mit dem Elektro-Fahrmotor 3 verbunden sind. Die Stellung der Umschaltvorrichtung S11 ist beliebig. Mit Hilfe des DC/DC-Wandlers 15 kann die Spannungslage des zweiten Stromkreises 5b an die Spannungslage des ersten Stromkreises 5a angepaßt werden, so daß die unterschiedlichen Spannungsniveaus von Brennstoffzelle 1 und Energiespeicher 2 kein Problem darstellen.

50 Im Zustand ②a sind ebenfalls die Schaltvorrichtungen S6, S9 und S12 geschlossen, so daß sowohl der Elektro-Fahrmotor 3 als auch der Energiespeicher 2 mit der Brennstoffzelle 1 verbunden sind. Die Stellung der Umschaltvorrichtung S11 ist wiederum beliebig. Allerdings wird der DC/DC-Wandler 15 nun so betrieben, daß nicht Strom vom Energiespeicher 2 zum Elektro-Fahrmotor 3, sondern von der Brennstoffzelle 1 zum Energiespeicher 2 fließt. Diese Schalterstellungen entsprechen außerdem genau dem Zustand ⑧a während des Stillstandes des Fahrzeugs. Die Schaltvorrichtung S12  
 55 ist bei dieser Anordnung nicht zwingend erforderlich und kann gegebenenfalls auch entfallen.

Ein weiteres Ausführungsbeispiel eines Hybridantriebs zeigt Fig. 3, wobei wiederum gleiche Teile mit gleichen Bezugszeichen gekennzeichnet sind.

In diesem Ausführungsbeispiel besteht der Fahrzeugantrieb aus zwei Elektro-Fahrmotoren 3, 3'. Diese sind in der Zeichnung auf einer gemeinsamen Antriebswelle 17 angeordnet und können gegebenenfalls auch in einem gemeinsamen  
 60 Gehäuse integriert werden. Es ist jedoch auch möglich, zwei oder mehr Elektro-Fahrmotoren 3, 3' mit jeweils separaten Antriebswellen 17 vorzusehen. Unabhängig davon können gleiche oder unterschiedliche Elektromaschinen, beispielsweise Reluktanz- oder Asynchronmotoren, kombiniert werden. Die Steuerung der Elektro-Fahrmotoren 3, 3' erfolgt lastabhängig. Bei niedrigen Momenten, vorzugsweise bis 50% des Maximalmomentes erfolgt der Antrieb nur über einen der Elektro-Fahrmotoren 3, 3'. Der jeweils andere Elektro-Fahrmotor 3, 3' läuft ohne Last permanent mit. Bei höheren Mo-  
 65 menten werden beide Elektro-Fahrmotoren 3, 3' eingesetzt, wobei die Momentverteilung auf die beiden Elektro-Fahrmotoren 3, 3' beispielsweise über das Steuergerät 14 erfolgen kann.

Tabelle 3: Mögliche Zustände des Hybridantriebs gemäß Fig. 3

| Zustand/Schalterstellung                  | S6 | S9  | S11 | S12 |
|---|----|-----|-----|-----|
| ① Fahren mit BZ, NV an BZ                 | 1  | 0/1 | 0   | 0   |
| ② Fahren mit BZ, NV an Speicher           | 1  | 1   | 1   | 0   |
| ②a Fahren mit BZ, Speicher laden          | 1  | 1   | 0/1 | 1   |
| ③ Fahren mit Speicher, NV an Speicher     | 0  | 1   | 1   | 1   |
| ③a Fahren mit BZ und Speicher             | 1  | 1   | 0/1 | 1   |
| ④ Bremsen, NV an BZ                       | 0  | 0/1 | 0   | 0   |
| ⑤ Bremsen, NV an BZ, Speicher laden       | 0  | 1   | 0   | 1   |
| ⑥ Bremsen, NV an Speicher, Speicher laden | 0  | 1   | 1   | 1   |
| ⑦ Bremsen, NV an Generator                | 0  | 0   | 1   | 1   |
| ⑧ Stillstand, NV an BZ                    | 0  | 0/1 | 0   | 0   |
| ⑨ Stillstand, NV an Speicher              | 0  | 1   | 1   | 0   |

Im Unterschied zu den Fig. 1 und 2 ist die Schaltvorrichtung S12 nicht als Ein/Ausschalter, sondern als Umschaltvorrichtung ausgeführt. Außerdem ist eine weitere Leitung 16 zwischen der Umschaltvorrichtung S12 und dem zweiten Elektro-Fahrmotor 3' vorgesehen. Mit Hilfe der Umschaltvorrichtung S12 kann der zweite Elektro-Fahrmotor 3' wahlweise mit dem Energiespeicher 2 oder der Brennstoffzelle 1 verbunden werden. Somit kann bei Vollast der erste Elektro-Fahrmotor 3 mit der Brennstoffzelle 1, der zweite Elektro-Fahrmotor 3' jedoch mit dem Energiespeicher 2 verbunden werden. Somit steht als maximale Fahrleistung wiederum die Summe der Leistungen von Brennstoffzelle 1 und Energiespeicher 2 zur Verfügung. Im Gegensatz zu Fig. 2 müssen hier aber beim Laden des Energiespeichers 2 nicht die Wandlerverluste in Kauf genommen werden. Während der Fahrt wird hierzu (Zustand ②a) der erste Elektro-Fahrmotor 3 mit Hilfe der Brennstoffzelle 1 angetrieben, während der zweite Elektro-Fahrmotor 3' im Generatorbetrieb den Energiespeicher 2 lädt. Allerdings ist mit dieser Anordnung ohne Kupplung im Antriebsstrang ein Laden des Energiespeichers 2 im Stillstand (Zustand ⑧a in Tabelle 2) nicht möglich.

Ein weiteres Ausführungsbeispiel für einen Hybridantrieb mit einem DC/DC-Wandler zeigt Fig. 4, wobei wiederum gleiche Teile mit gleichen Bezugszeichen gekennzeichnet sind. Die Brennstoffzelle 1 ist wiederum über eine Leitung 7, in der eine Schaltvorrichtung S6 vorgesehen ist, mit dem Elektro-Fahrmotor 3 verbunden. Außerdem ist der Energiespeicher 2 über eine Leitung 10, in der eine Schaltvorrichtung S9 vorgesehen ist, mit den elektrischen Nebenverbrauchern 4 verbunden. Weiterhin zweigen zwischen der Schaltvorrichtung S9 und den elektrischen Nebenverbrauchern 4 zwei Leitungen 8, 13 von der Leitung 10 ab, die über eine Umschaltvorrichtung S11 wahlweise mit der Leitung 7 zwischen der Schaltvorrichtung S6 und dem Elektro-Fahrmotor 3 verbindbar sind. In der Leitung 13 ist außerdem ein DC/DC-Wandler 15 vorgesehen.

Tabelle 4: Mögliche Zustände des Hybridantriebs gemäß Fig. 4

|    | Zustand/Schalterstellung                  | S6 | S9 | S11 |
|----|---|----|----|-----|
| 5  | ① Fahren mit BZ, NV an BZ                 | 1  | 0  | 0   |
|    | ② Fahren mit BZ, NV an Speicher           | 1  | 1  | 1   |
| 10 | ②a Fahren mit BZ, Speicher laden          | 1  | 1  | 1   |
|    | ③ Fahren mit Speicher, NV an Speicher     | 0  | 1  | 1   |
|    | ③a Fahren mit BZ und Speicher             | 1  | 1  | 1   |
| 15 | ④ Bremsen, NV an BZ                       | 1  | 0  | 0   |
|    | ⑤ Bremsen, NV an BZ, Speicher laden       | 1  | 1  | 1   |
|    | ⑥ Bremsen, NV an Speicher, Speicher laden | 0  | 1  | 0   |
| 20 | ⑦ Bremsen, NV an Generator                | 0  | 0  | 0   |
|    | ⑧ Stillstand, NV an BZ                    | 1  | 0  | 0   |
|    | ⑧a Stillstand, NV an BZ, Speicher laden   | 1  | 1  | 1   |
| 25 | ⑨ Stillstand, NV an Speicher              | 0  | 1  | 0   |

Im Fahrbetrieb sind wiederum mehrere Schaltzustände vorgesehen. Im Zustand ① ist die Schaltvorrichtung S9 geöffnet, so daß der Energiespeicher von den Stromkreisen 5a, 5b abgekoppelt ist. Die Schaltvorrichtung S6 ist geschlossen, so daß der Elektro-Fahrmotor 3 mit Hilfe der Brennstoffzelle 1 angetrieben wird. Auch die elektrischen Nebenverbraucher 4 werden von der Brennstoffzelle 1 versorgt, wobei die Umschaltvorrichtung S11 vorzugsweise in Stellung 0 ist, das heißt ohne Zwischenschaltung des DC/DC-Wandlers 15. Dadurch können unnötige Wandlerverluste vermieden werden.

Im Zustand ③ ist die Schaltvorrichtung S6 geöffnet, so daß die Brennstoffzelle 1 von den Stromkreisen 5a, 5b abgekoppelt ist. Die Schaltvorrichtung S9 ist geschlossen, so daß der Elektro-Fahrmotor 3 mit Hilfe des Energiespeichers 2 angetrieben wird. Auch die elektrischen Nebenverbraucher 4 werden vom Energiespeicher 2 versorgt. Die Umschaltvorrichtung S11 ist vorzugsweise in Stellung 1, so daß mit Hilfe des DC/DC-Wandlers 15 die für den Elektro-Fahrmotor 3 benötigte Spannung unabhängig von der Spannungslage des Energiespeichers 2 eingestellt werden kann. In den anderen Fahrzuständen ②, ②a, ③a sind die Schaltvorrichtungen S6 und S9 jeweils geschlossen, so daß sowohl die Brennstoffzelle 1 als auch der Energiespeicher 2 mit den Stromkreisen 5a, 5b verbunden sind. Die Umschaltvorrichtung S11 ist in Stellung 1, so daß die beiden Stromkreise 5a, 5b über die Leitung 13 und den darin angeordneten DC/DC-Wandler 15 verbunden sind. Von der Ansteuerung des DC/DC-Wandlers 15, die wie in den anderen Ausführungsbeispielen auch vorzugsweise durch das Steuergerät 14 erfolgt, hängt es ab, ob der Energiespeicher 2 während der Fahrt von der Brennstoffzelle 1 aufgeladen wird (Zustand ②a), ob der Elektro-Fahrmotor 3 beziehungsweise die elektrischen Nebenverbraucher 4 von der Brennstoffzelle 1 beziehungsweise vom Energiespeicher 2 versorgt werden (Zustand ②), oder ob bei Vollast der Elektro-Fahrmotor 3 sowohl von der Brennstoffzelle 1 als auch vom Energiespeicher 2 versorgt wird (Zustand ③a) und somit die maximale Fahrleistung wiederum von der Summe der Energieinhalte von Brennstoffzelle 1 und Energiespeicher 2 bestimmt ist. Außerdem ist durch den DC/DC-Wandler 15 wiederum das Laden/Entladen des Energiespeichers 2 während der Fahrt unabhängig von der Spannungslage beziehungsweise vom Lastzustand der Brennstoffzelle 1 möglich.

Beim Bremsen können die elektrischen Nebenverbraucher 4 von der Brennstoffzelle 1 (Zustand ④) versorgt werden, wobei dann die Schaltvorrichtung S6 geschlossen und die Schaltvorrichtung S9 geöffnet ist. Die Umschaltvorrichtung S11 ist in Stellung 0, so daß der DC/DC-Wandler 15 abgekoppelt ist. Soll zusätzlich der Energiespeicher aufgeladen werden (Zustand ⑤), so wird die Umschaltvorrichtung S11 in Stellung 1 gebracht und die Schaltvorrichtung S9 geschlossen. Durch den jetzt zwischengeschalteten DC/DC-Wandler 15 kann die Spannungslage auf das für einen Ladevorgang notwendige Niveau eingestellt werden.

Durch Öffnen der Schaltvorrichtung S6 kann die Brennstoffzelle 1 abgekoppelt werden. Gleichzeitig wird dann die Schaltvorrichtung S9 geschlossen und die Umschaltvorrichtung S11 in Stellung 0 gebracht, so daß auch der DC/DC-Wandler 15 abgekoppelt ist. In diesem Zustand ⑥ werden die elektrischen Nebenverbraucher 4 vom Energiespeicher 2 versorgt. Gleichzeitig kann der Energiespeicher 2 ohne Wandlerverluste aufgeladen werden. Im Zustand ⑦ sind schließlich die Schaltvorrichtungen S6 und S9 geöffnet, so daß sowohl die Brennstoffzelle 1 als auch der Energiespeicher 2 von den Stromkreisen 5a, 5b abgekoppelt sind. Die Umschaltvorrichtung S11 ist in Stellung 0, so daß die elektrischen Nebenverbraucher 4 ohne Zwischenschaltung des DC/DC-Wandlers 15 direkt vom Elektro-Fahrmotor 3 mit Strom versorgt werden.

Im Stillstand können die elektrischen Nebenverbraucher 4 schließlich entweder von der Brennstoffzelle 1 (Zustand ⑧) oder vom Energiespeicher 2 (Zustand ⑨) versorgt werden, wobei entweder die Schaltvorrichtung S6 (Zustand ⑧) oder die Schaltvorrichtung S9 (Zustand ⑨) geschlossen ist. Die Umschaltvorrichtung S11 ist wiederum in Stellung 0, so daß der DC/DC-Wandler 15 abgekoppelt ist. Soll bei Stillstand zusätzlich der Energiespeicher 2 aufgeladen werden (Zustand ⑧a), so werden die Schaltvorrichtung S6, S9 geschlossen und zusätzlich die Umschaltvorrichtung S11 in Stellung 1 gebracht. Somit ist der Energiespeicher 2 wiederum über den DC/DC-Wandler 15 mit der Brennstoffzelle 1 verbunden,

so daß durch Ansteuerung des DC/DC-Wandlers 15 die Spannungslage auf ein für den Ladevorgang notwendiges Niveau eingestellt werden kann.

Die anhand der Ausführungsbeispiele und Tabellen beschriebenen Schaltzustände stellen keine abschließende Aufzählung dar. Es sind auch andere Schaltzustände möglich.

#### Patentansprüche

1. Hybridantrieb für ein Elektro-Fahrzeug mit einer Brennstoffzelle, einem Energiespeicher, einem Elektro-Fahrmotor, elektrischen Nebenverbrauchern und einem Stromkreis zur Versorgung des Elektro-Fahrmotors und der elektrischen Nebenverbraucher mit elektrischer Energie, **dadurch gekennzeichnet**,
  - daß zwei unabhängige Stromkreise (5a, 5b) vorgesehen sind,
  - daß der erste Stromkreis (5a) die Brennstoffzelle (1), den Elektro-Fahrmotor (3) und die elektrischen Nebenverbraucher (4) umfaßt, wobei der Elektro-Fahrmotor (3) und/oder die elektrischen Nebenverbraucher (4) jeweils über eine Leitung (erste Leitung (7) und zweite Leitung (8)) mit je einer darin angeordneten Schaltvorrichtung (erste Schaltvorrichtung (S6) und zweite Schaltvorrichtung (S11)) mit der Brennstoffzelle (1) verbindbar sind,
  - daß der zweite Stromkreis (5b) den Energiespeicher (2), den Elektro-Fahrmotor (3) und die elektrischen Nebenverbraucher (4) umfaßt, wobei der Elektro-Fahrmotor (3) und/oder die elektrischen Nebenverbraucher (4) jeweils über eine Leitung (dritte Leitung (13) und vierte Leitung (10)) mit je einer darin angeordneten Schaltvorrichtung (dritte Schaltvorrichtung (S12) und/oder zweite Schaltvorrichtung (S11)) mit dem Energiespeicher (2) verbindbar sind,
  - daß eine schaltbare Verbindungsleitung (erste Leitung (7) und dritte Leitung (13)) zwischen der Brennstoffzelle (1) und dem Energiespeicher (2) vorgesehen ist,
  - und daß eine Vorrichtung (14) zur Steuerung der Schaltvorrichtungen (S6, S11, S12) in Abhängigkeit von Betriebsparametern vorgesehen ist.
2. Vorrichtung nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß die zweite Leitung (8) zwischen der Brennstoffzelle (1) und der ersten Schaltvorrichtung (S6) von der ersten Leitung (7) abzweigt, daß in der vierten Leitung (10) eine vierte Schaltvorrichtung (S9) vorgesehen ist und daß die dritte Leitung (13), in der die dritte Schaltvorrichtung (S12) vorgesehen ist, den zweiten Stromkreis (5b) zwischen der vierten Schaltvorrichtung (S9) und den elektrischen Nebenverbrauchern (4) mit dem ersten Stromkreis (5a) zwischen der ersten Schalteinrichtung (S6) und dem Elektro-Fahrmotor (3) verbindet, und daß die elektrischen Nebenverbraucher (4) über die als Umschaltvorrichtung ausgeführte zweite Schaltvorrichtung (S11) wahlweise mit der zweiten Leitung (8) oder der vierten Leitung (10) verbindbar sind.
3. Vorrichtung nach Anspruch 2, dadurch gekennzeichnet, daß in der dritten Leitung (13) zwischen der dritten Schaltvorrichtung (S12) und dem Energiespeicher (2) ein DC/DC-Wandler (15) vorgesehen ist.
4. Vorrichtung nach Anspruch 2, dadurch gekennzeichnet, daß ein zweiter Elektro-Fahrmotor (3') und eine fünfte Leitung (16) zwischen dem zweiten Elektro-Fahrmotor (3') und der als Umschalter ausgeführten dritten Schaltvorrichtung (S12) derart vorgesehen ist, daß der zweite Elektro-Fahrmotor (3') wahlweise mit dem ersten oder zweiten Stromkreis (5a, 5b) verbindbar ist.
5. Vorrichtung nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß zwischen dem Energiespeicher (2) und den elektrischen Nebenverbrauchern (4) in der vierten Leitung (10) eine vierte Schaltvorrichtung (S9) angeordnet ist, daß zwischen der vierten Schaltvorrichtung (S9) und den elektrischen Nebenverbrauchern (4) die zweite Leitung (8) und die, mit einem DC/DC-Wandler (15) versehene dritte Leitung (13) von der vierten Leitung (10) abzweigen, wobei die erste Leitung (7) über die als Umschaltvorrichtung ausgeführte zweite Schaltvorrichtung (S11) wahlweise mit der zweiten Leitung (8) oder mit der dritten Leitung (13) verbindbar ist.
6. Vorrichtung nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß der Energiespeicher (2) eine Batterie ist.
7. Vorrichtung nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß der erste Elektro-Fahrmotor (3) als Generator betreibbar ist.
8. Vorrichtung nach Anspruch 4, dadurch gekennzeichnet, daß der zweite Elektro-Fahrmotor (3') als Generator betreibbar ist.

Hierzu 2 Seite(n) Zeichnungen

- Leerseite -



Fig. 1

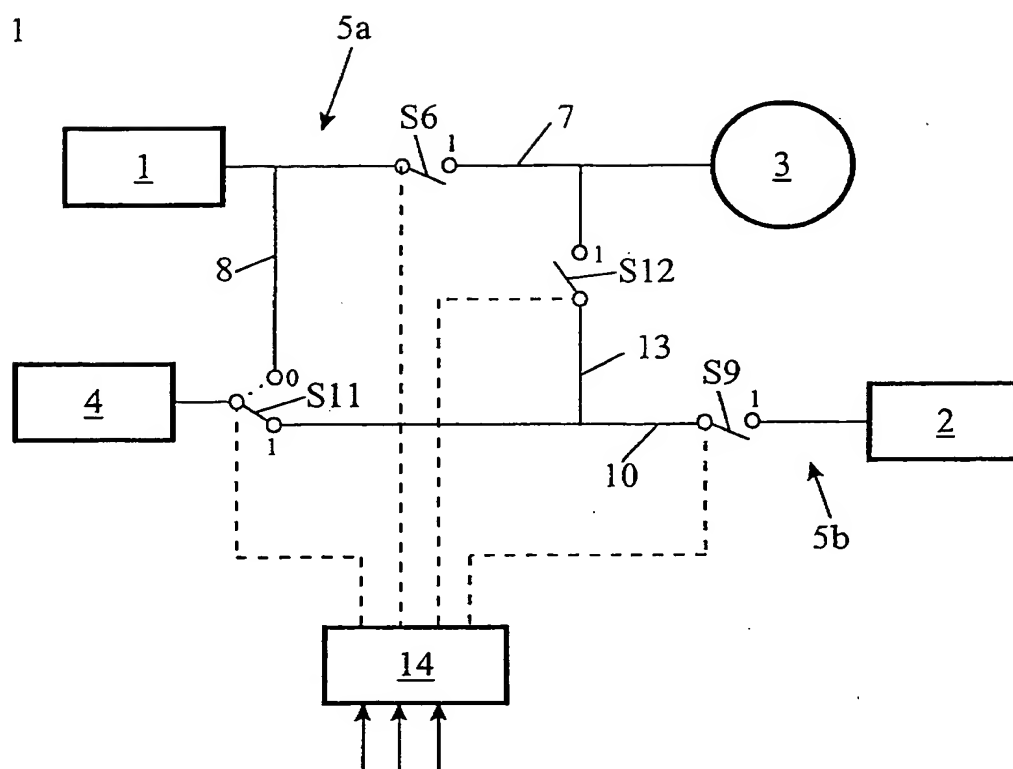


Fig. 2

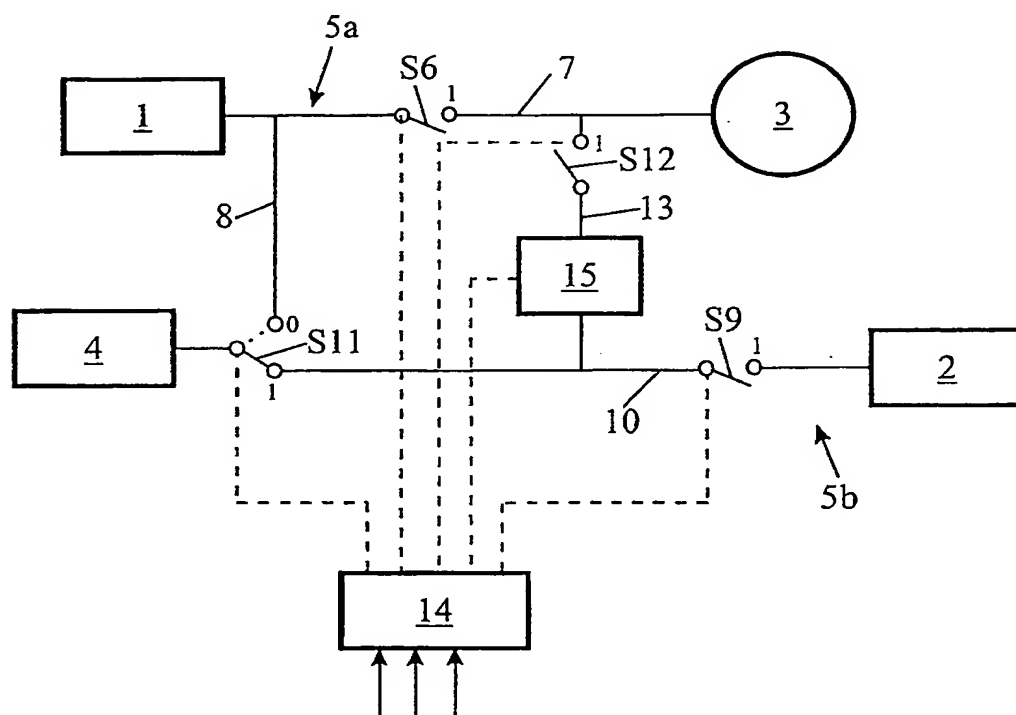


Fig. 3

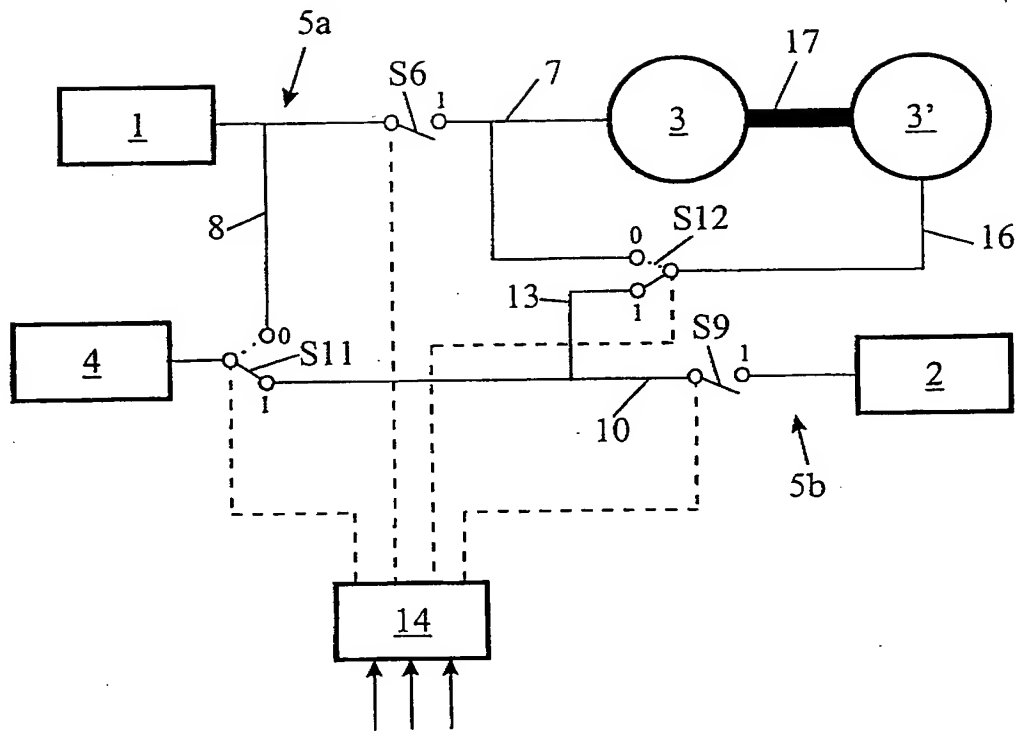


Fig. 4

